

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-241338

(43)公開日 平成8年(1996)9月17日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>  
G 0 6 F 17/50

識別記号 庁内整理番号

F I  
G 0 6 F 15/60

技術表示箇所

6 8 0 Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平7-42950

(22)出願日 平成7年(1995)3月2日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社  
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 明石 忠雄

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

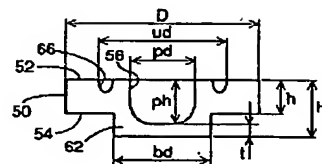
(74)代理人 弁理士 神戸 典和 (外2名)

(54)【発明の名称】 鍛造粗材設計装置

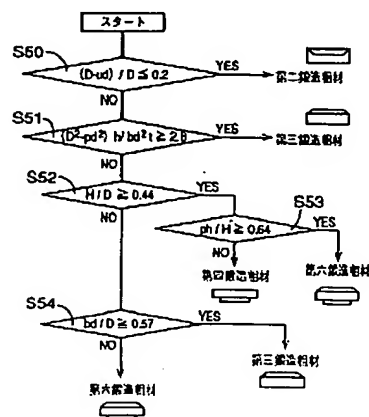
(57)【要約】

【目的】 コンピュータを利用した鍛造粗材の設計装置を、常に最適に近い鍛造粗材が1つ得られるものとする。

【構成】 図15(a)に例示する鍛造品の各部の寸法と、図15(b)にフローチャートで示す規則とに基づいて予め定められている複数の鍛造粗材候補の中から適正鍛造粗材を選択する。選択した適正鍛造粗材の各部の寸法を複数種類に変えた複数の適正鍛造粗材寸法データ群を作成し、各群に対応する適正鍛造粗材からの目的とする鍛造品の鍛造を、有限要素法を利用してシミュレーションし、シミュレーション結果を複数の評価規則を含む評価基準に基づいて評価し、複数種類の寸法の異なる鍛造粗材の中から最適な鍛造粗材を選択する。



(b)



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鍛造加工を施して鍛造品とするための鍛造粗材を設計する装置であって、  
 複数種類の鍛造品を含む鍛造品群の鍛造品群データと、  
 それら複数の鍛造品の各々に対する鍛造粗材候補を含むとともに少なくとも一つの鍛造品については複数種類の鍛造粗材候補を含む鍛造粗材群の鍛造粗材群データとを記憶する群データ記憶手段と、  
 前記鍛造品群の一つが指定された場合に、その指定された鍛造品の鍛造粗材として好適なものを前記鍛造粗材群から選択する鍛造粗材選択規則を記憶する選択規則記憶手段と、  
 少なくとも、前記複数種類の鍛造品の任意の一つを指定する鍛造品指定データとその指定された鍛造品の複数箇所の寸法を表す寸法データとを含む鍛造品データを入力する鍛造品データ入力手段と、  
 その鍛造品データ入力手段により入力された鍛造品データにより特定される鍛造品の鍛造粗材として好適な適正鍛造粗材を、前記鍛造粗材群の中から前記鍛造粗材選択規則に従って選択する適正鍛造粗材選択手段とを含むことを特徴とする鍛造粗材設計装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、鍛造粗材を鍛造して鍛造品を得る場合の、鍛造粗材の設計に関するものであり、特にコンピュータを利用した鍛造粗材設計装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 コンピュータを利用して鍛造粗材の設計を行うことは従来から行われていた。例えば、形状マッチング法、分割法等がそれである。形状マッチング法は、鍛造すべき目的鍛造品の形状と、過去に鍛造された過去鍛造品の形状との合致度をコンピュータを使用して調べ、合致度の高い過去鍛造品の鍛造粗材を目的鍛造品の鍛造粗材に決定する手法であり、分割法は、目的鍛造品を複数の部分に分割し、各分割部の鍛造が可能な分割鍛造粗材候補を予めコンピュータに格納されている多数の分割鍛造粗材の中から選択し、分割鍛造粗材候補を組み合わせて目的鍛造品の鍛造粗材とする手法である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記いずれの方法によっても、過去のデータに基づいて目的鍛造品の鍛造粗材を決定することができるのであるが、まだ十分満足なものとは言い難い。例えば、形状マッチング法は技術的根拠が薄弱であり、常に適正な鍛造粗材が得られるとは限らないという問題がある。2つの鍛造品の形状が互いに類似している場合にはそれら鍛造品に適した2つの鍛造粗材の形状も互いに類似することが多いのは事実であるが、実際には、形状が互いに類似している鍛造品にそれぞれ適した鍛造粗材の形状が互いに類似しないというこ

2

とはしばしばあるのである。

【0004】 分割法による場合にも常に適した鍛造粗材が得られるとは限らない上、鍛造粗材の候補が多数出力され、それらの中から最も適した鍛造粗材を選択するのに時間を要するという問題がある。分割鍛造粗材候補の各々が鍛造品の各分割部の鍛造に適しているからといって、それらを組み合わせた鍛造粗材が常に目的とする鍛造品の粗材として適しているとは限らない。互いに隣接する分割鍛造粗材同士が鍛造時に影響を与え合うからである。また、鍛造品の各分割部毎に複数の分割鍛造粗材候補が出力されることが多く、その場合にはこれら分割鍛造粗材候補の組合わせの数だけの鍛造粗材が、目的鍛造品の鍛造に適したものとして得られることとなり、これを最終的に一つの適正鍛造粗材に絞ることが容易ではないのである。本発明は以上の事情を背景としてなされたものであり、したがって、その課題は、常に適正な鍛造粗材が容易に得られる鍛造粗材設計装置を得ることである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために、本発明に係る鍛造粗材設計装置は、①複数種類の鍛造品を含む鍛造品群の鍛造品群データと、それら複数の鍛造品の各々に対する鍛造粗材候補を含むとともに少なくとも一つの鍛造品については複数種類の鍛造粗材候補を含む鍛造粗材群の鍛造粗材群データとを記憶する群データ記憶手段と、②前記鍛造品群の一つが指定された場合に、その指定された鍛造品の鍛造粗材として好適なものを前記鍛造粗材群から選択する鍛造粗材選択規則を記憶する選択規則記憶手段と、③少なくとも、前記複数種類の鍛造品の任意の一つを指定する鍛造品指定データとその指定された鍛造品の複数箇所の寸法を表す寸法データとを含む鍛造品データを入力する鍛造品データ入力手段と、④その鍛造品データ入力手段により入力された鍛造品データにより特定される鍛造品の鍛造粗材として好適な適正鍛造粗材を、前記鍛造粗材群の中から前記鍛造粗材選択規則に従って選択する適正鍛造粗材選択手段とを含むものとされる。

## 【0006】

【作用】 本発明に係る鍛造粗材設計装置においては、群データ記憶手段に記憶されている複数の鍛造品のうちの一つを指定する鍛造品指定データとそれに付随する寸法データとが、鍛造品データ入力手段から入力されれば、それに応じて、適正鍛造粗材選択手段が選択規則記憶手段に記憶されている選択規則に従って、入力された鍛造品の鍛造粗材として好適な適正鍛造粗材を、群データ記憶手段に記憶されている鍛造粗材群データにより表される鍛造粗材群の中から選択する。

【0007】 群データ記憶手段に記憶されている鍛造品群データと鍛造粗材群データとは、それぞれ複数種類の鍛造品を含む鍛造品群のデータと各鍛造品に対して1種

(3)

3

類または複数種類の鍛造粗材候補を含む鍛造粗材群のデータとであるが、例えば、各鍛造品および鍛造粗材をそれぞれ表す鍛造品データおよび鍛造粗材データがそれぞれ個別にまとめられて記憶されており、それら鍛造品データおよび鍛造粗材データの集合が鍛造品群データおよび鍛造粗材群データであってもよく、複数ずつの鍛造品データおよび鍛造粗材データが一体的にまとめられてテーブルの形態をなしていてもよく、要するに複数ずつの鍛造品と鍛造粗材とを表し得るデータであればよい。

【0008】鍛造品群データと鍛造粗材群データとのそれぞれ一つずつの鍛造品および鍛造粗材に対応する部分（以下、これを便宜上、鍛造品データおよび鍛造粗材データと称する）は、鍛造品および鍛造粗材の各部の寸法を具体的な数値としてではなく、任意の値を取り得る変数として含むものとされる。すなわち、変数の値の変化に応じて鍛造品や鍛造粗材の具体的な形状、寸法は変化するのであり、鍛造品データおよび鍛造粗材データは各々変数の変化により変化し得る鍛造品および鍛造粗材の一群ずつを表していることになる。

【0009】

【発明の効果】本発明によれば、鍛造すべき鍛造品の鍛造品指定データと寸法データとを鍛造品データ入力手段から入力すれば、その鍛造品の鍛造粗材として好適な適正鍛造粗材が自動的に選択される。したがって、鍛造粗材の設計を容易に行うことができる。

【0010】

【発明の望ましい実施態様】以下、本発明の望ましい実施態様を列举するとともに、必要に応じて関連説明を行う。

(1) さらに、前記鍛造品データ入力手段により入力された鍛造品データによって特定される鍛造品の、前記適正鍛造粗材からの製造をシミュレーションするシミュレーション手段と、そのシミュレーション手段により得られたシミュレーション結果を、予め定められた評価基準に基づいて評価する評価手段とを含むことを特徴とする請求項1に記載の鍛造粗材設計装置。この態様の鍛造粗材設計装置においては、適正鍛造粗材選択手段が適正鍛造粗材を選択した後、その適正鍛造粗材からの鍛造品の鍛造をシミュレーション手段がシミュレーションし、評価手段がそのシミュレーション結果を評価基準に基づいて評価する。そのため、選択された鍛造粗材が目的とする鍛造品の粗材として本当に適したものであるか否かを実際に鍛造を試行することなく確かめることができ、鍛造粗材の設計の信頼性を高めることができる。

(2) さらに、前記適正鍛造粗材の複数箇所の寸法をそれぞれ含む複数の鍛造粗材寸法データ群を作成する鍛造粗材寸法データ群作成手段と、その鍛造粗材寸法データ群作成手段により作成された複数の鍛造粗材寸法データ群の各々について前記シミュレーション手段にシミュレーションを行わせ、そのシミュレーションの結果を前記

4

評価手段に評価させて、その評価結果に基づいて適正鍛造粗材寸法データ群を選択する適正鍛造粗材寸法データ群選択手段と、その適正鍛造粗材寸法データ群選択手段により選択された適正鍛造粗材寸法データ群をCADシステムに供給する適正鍛造粗材寸法データ群供給手段とを含む態様1に記載の鍛造粗材設計装置。この態様の鍛造粗材設計装置においては、適正鍛造品選択手段が適正鍛造品を選択した後、鍛造粗材寸法データ群作成手段が選択された適正鍛造粗材についての複数の鍛造粗材寸法データ群を作成し、適正鍛造粗材寸法データ群選択手段が、複数の鍛造粗材寸法データ群の各々についてのシミュレーションをシミュレーション手段に実行させ、それら複数のシミュレーションの結果を評価手段に評価させて、その評価結果に基づいて適正鍛造粗材寸法データ群を選択する。この選択された適正鍛造粗材寸法データ群は、適正鍛造粗材寸法データ群供給手段によりCADシステムに供給される。鍛造粗材の具体的な寸法まで自動的に決定され、その決定された適正鍛造粗材寸法データ群がCADシステムに供給されるのである。したがって、CADシステムにおいてはその適正鍛造粗材寸法データ群に基づいて目的とする鍛造品用の鍛造粗材の図面を自動的に作成することができる。CADシステムにおいて設計された鍛造品のデータを鍛造粗材設計装置に供給して鍛造粗材の設計に利用することは従来から行われていたが、鍛造粗材設計装置において設計された鍛造粗材のデータをCADシステムに供給して、鍛造粗材の設計図面の作成に利用することは従来行われておらず、鍛造粗材の設計図面の作成が面倒であったが、本態様によれば鍛造粗材の図面の作成まで自動的に行うことが可能となり、上記不便が解消されるのである。

(3) さらに、前記適正鍛造粗材選択手段により選択された適正鍛造粗材の複数箇所の寸法をそれぞれ含む複数の鍛造粗材寸法データ群を作成する鍛造粗材寸法データ群作成手段と、その鍛造粗材寸法データ群作成手段により作成された複数の鍛造粗材寸法データ群の各々について前記シミュレーション手段にシミュレーションを行わせ、そのシミュレーションの結果を前記評価手段に評価させて、その評価結果に基づいて適正鍛造粗材寸法データ群を選択する適正鍛造粗材寸法データ群選択手段とを含む態様1に記載の鍛造粗材設計装置。この態様は態様2から寸法データ供給手段を除去したものである。鍛造粗材寸法データ群作成手段と適正鍛造粗材寸法データ群選択手段とによって適正鍛造粗材寸法データ群、すなわち目的とする鍛造品に適した鍛造粗材の各部の具体的な寸法が自動的に決定されることはそれ自体で実用的な価値のあることであり、この寸法データがCADシステムに供給されることは望ましいことではあるが、不可欠ではないのである。

(4) 前記適正鍛造粗材寸法データ群選択手段が、まず前記鍛造粗材寸法データ群作成手段により作成されたす

(4)

5

すべての鍛造粗材寸法データ群について前記シミュレーション手段にシミュレーションを行わせ、その後、評価が最も高い鍛造粗材寸法データ群を前記適正鍛造粗材寸法データ群として選択するものである態様3に記載の鍛造粗材設計装置。この態様が主たる実施例の態様であり、特に望ましい態様であるが、次の態様でも実施は可能である。

(5) 前記適正鍛造粗材寸法データ群選択手段が、前記鍛造粗材寸法データ群作成手段により作成された鍛造粗材寸法データ群について、順次前記シミュレーション手段によるシミュレーションと前記評価手段による評価とを行わせ、評価手段による評価結果が予め定められた評価基準を超えたときその鍛造粗材寸法データ群を前記適正鍛造粗材寸法データ群として選択するものである態様3に記載の鍛造粗材設計装置。この態様によれば、シミュレーションおよび評価を常にすべての鍛造粗材寸法データ群について行う必要がなくなり、設計時間の短縮を図ることができる。シミュレーションおよび評価は予め定められた順序で行われるようにしても、前回行われたシミュレーションおよび評価の結果から次に行われるシミュレーション等が決定されるようにしてもよいが、シミュレーションの順序が適切に決定されれば、少ない回数のシミュレーションおよび評価の実行により、評価結果が評価基準を超える鍛造粗材寸法データ群を得ることができ、本態様の利点を一層有効に享受することができる。

(6) 前記鍛造品群が、①外周面、第一端面および第二端面を有する円板の第一端面の中央部に凹部が形成された第一鍛造品と、②その第一鍛造品の前記第二端面の中央部にボス部が形成された第二鍛造品と、③その第二鍛造品の前記第一端面の前記凹部より外周側の部分にその凹部と同心に第一円環溝が形成された第三鍛造品と、④その第三鍛造品の前記第二端面に前記ボス部より外周側の部分にそのボス部と同心に第二円環溝が形成された第四鍛造品とのうち少なくとも2つを含む請求項1、態様1～5のいずれか1つに記載の鍛造粗材設計装置。

(7) 前記鍛造粗材群が、①外周面、第一端面および第二端面を有する円板である第一鍛造粗材と、②その第一鍛造粗材の前記第一端面に円錐台形状の凹部が同心に形成された第二鍛造粗材と、③前記第一鍛造粗材の前記第一端面に円錐台形状の凸部が同心に形成された第三鍛造粗材と、④前記第一鍛造粗材の前記第二端面の中央部にボス部が同心に形成された第四鍛造粗材と、⑤前記第二鍛造粗材の前記第二端面の中央部にボス部が同心に形成された第五鍛造粗材と、⑥前記第三鍛造粗材の前記第二端面の中央部にボス部が同心に形成された第六鍛造粗材とのうち少なくとも2つを含む請求項1、態様1～6のいずれか1つに記載の鍛造粗材設計装置。第二鍛造粗材および第三鍛造粗材の第一端面の最外周部に軸線に直角な円環状の面が残されてもよい。

6

(8) 前記鍛造品群が前記第一～第四鍛造品を含むとともに、前記鍛造粗材群が前記第一～第五鍛造粗材を含む態様7に記載の鍛造粗材設計装置。

(9) 前記鍛造品データ入力手段により入力された鍛造品データにより特定される鍛造品が前記第三鍛造品であり、前記選択規則が、①前記第一円環溝が設定状態以上外周側に形成されているという第一条件が満たされた場合に前記適正鍛造粗材として前記第二鍛造粗材を選択するという第一規則と、②前記第一条件が満たされず、かつ、前記ボス部以外の部分のうち前記凹部を囲む部分の容積の前記ボス部の前記凹部の底面より先端側の部分の容積に対する比率が設定容積比以上であるという第二条件が満たされた場合に前記適正鍛造粗材として前記第三鍛造粗材を選択するという第二規則と、③前記第一条件および第二条件が満たされず、鍛造品の厚さの外径に対する比率が設定厚さ比以上であるという第三条件が満たされ、かつ、前記凹部の深さの鍛造品の厚さに対する比率が設定深さ比以上であるという第四条件が満たされた場合に前記適正鍛造粗材として前記第六鍛造粗材を選択するという第三規則と、④前記第一条件、第二条件および第四条件が満たされず、前記第三条件が満たされた場合に前記適正鍛造粗材として前記第四鍛造粗材を選択する第四規則と、⑤前記第一条件、第二条件および第三条件がいずれも満たされず、かつ、前記ボス部の外径の鍛造品全体の外径に対する比率が設定外径比以上であるという第五条件が満たされた場合に前記適正鍛造粗材として前記第三鍛造粗材を選択するという第五規則と、⑥前記第一条件、第二条件、第三条件および第五条件がいずれも満たされない場合に前記適正鍛造粗材として前記第六鍛造粗材を選択するという第六規則との少なくとも2つを含む態様7または8に記載の鍛造粗材設計装置。

(10) 前記評価基準が、①前記シミュレーションにより得られる鍛造品が鍛造型のキャビティに充満する度合いを表す充満度が設定充満度以上であるという第一基準と、②その第一基準を満たすのに必要な最小鍛造荷重が設定荷重以下であるという第二基準と、③前記シミュレーションにより得られる鍛造品と鍛造型のキャビティ面との間の最大面圧が設定面圧を超えることなく前記第一基準が満たされるという第三基準と、④前記シミュレーションにより得られる鍛造品が鍛造型のキャビティの予め定められた複数のすみに充満する順序が予め定められた順序であるという第四基準とのうち、少なくとも第一基準と、第二ないし第四基準の少なくとも1つを含む態様1～9のいずれか1つに記載の鍛造粗材設計装置。

(11) 前記シミュレーション手段が、前記シミュレーションを有限要素法により行う有限要素法シミュレーション手段を含む態様1～10のいずれか1つに記載の鍛造粗材設計装置。

【0011】

【実施例】以下、本発明を自動車の鍛造部品の設計に用

(5)

7

いられる鍛造粗材設計装置に適用した場合の一実施例を図面に基づいて詳細に説明する。図 1 に示すように、鍛造粗材設計装置は、CPU 10、ROM 12、RAM 14、入出力インタフェース 16 およびこれらを接続するバス 18 を含む主制御装置 20 を備えている。主制御装置 20 には入力装置たるキーボード 24 およびマウス 26 が接続されており、オペレータがこれらキーボード 24 あるいはマウス 26 を操作することにより、主制御装置 20 にデータが入力されるようになっている。また、主制御装置 20 には制御回路 28 を介して出力装置たる CRT 30 が接続されるとともに、データベース 34 および CAD システム 36 が接続されている。

【0012】主制御装置 20 の ROM 12 には、図 19 にフローチャートで表すメインプログラムを始めとして、図 20 に示す各種のプログラムが記憶されている。これらプログラムの実行時には、プログラムの実行に必要な数値等がデータベース 34 から読み出され、RAM 14 の図 21 に示す各メモリに記憶される。なお、上記プログラムの一部のものは、実行時に予め ROM 12 から RAM 14 に移送された上で実行される。また、RAM 14 の各メモリに新たなデータが記憶される際、それまでそのメモリに記憶されていたデータが消去されるようになっている。

【0013】データベース 34 には鍛造品群データが記憶されている。鍛造品群データには、代表的に図 2 ないし図 5 に示す 4 種類の鍛造品、すなわち、①外周面 50、第一端面 52 および第二端面 54 を有する円板の第一端面 52 の中央部に凹部 56 が形成されたハブ、②ハブの第二端面 54 の中央部にボス部 62 が形成されたスプライン、③スプラインの第一端面 52 の凹部 56 より外周側の部分に凹部 56 と同心に第一円環溝 66 が形成されたリバースギヤおよび④リバースギヤの第二端面 54 のボス部 62 より外周側の部分にボス部 62 と同心に第二円環溝 70 が形成されたギヤが含まれている。

【0014】また、データベース 34 には鍛造粗材群データが記憶されている。鍛造粗材群データには、代表的に図 6 ないし図 11 に示す 6 つの鍛造粗材候補、すなわち、①外周面 90、第一端面 92 および第二端面 94 を有する円板である第一鍛造粗材、②第一鍛造粗材の第一端面 92 に円錐台形状の凹部 98 が同心に形成された第二鍛造粗材、③第一鍛造粗材の第一端面 92 に円錐台状の凸部 102 が同心に形成された第三鍛造粗材、④第一鍛造粗材の第二端面 94 の中央部にボス部 106 が同心に形成された第四鍛造粗材、⑤第二鍛造粗材の第二端面 94 の中央部にボス部 106 が形成された第五鍛造粗材、⑥第三鍛造粗材の第二端面 94 の中央部にボス部 106 が形成された第六鍛造粗材が含まれている。

【0015】ROM 12 には、上記鍛造品群の一つが指定された場合に、その指定された鍛造品の粗材として好適なものを上記鍛造粗材群から選択する適正鍛造粗材選

8

択プログラムが記憶されている。この適正鍛造粗材選択プログラムの一例を図 15 (b) ないし図 18 に示すフローチャートで示す。これらプログラムは適正鍛造粗材選択のための規則をプログラム化したものである。

【0016】上記鍛造品の指定は、オペレータが表示装置としての CRT 30 に表示されているガイダンスに従ってキーボード 24 およびマウス 26 を操作することにより行われる。入力操作によって指定された鍛造品を表すデータがデータベース 34 から RAM 14 のメモリに取り込まれるとともに、その鍛造品の図が CRT 30 に表示される。次に、オペレータが CRT 30 上のガイダンスに従ってキーボード 24 およびマウス 26 を操作し、指定した鍛造品の各部の寸法値を入力すれば、寸法値を表すデータが RAM 14 のメモリに記憶される。これら鍛造品指定データと鍛造品寸法データとを含む鍛造品データと、データベース 34 から読み出される基準値等のデータとに基づいて、適正鍛造粗材選択プログラムが実行されるのである。

【0017】鍛造品としてハブが指定された場合には、図 16 のフローチャートに示すように無条件で第二鍛造粗材が適正鍛造粗材として選択される。鍛造品としてスプラインが指定された場合には、図 17 のフローチャートに従って、第二鍛造粗材、第三鍛造粗材あるいは第六鍛造粗材のいずれかが適正鍛造粗材として選択される。また、リバースギヤが指定された場合には、図 15

(b) のフローチャートに従って、第二鍛造粗材、第三鍛造粗材、第四鍛造粗材あるいは第六鍛造粗材のいずれかが適正鍛造粗材として選択される。また、ギヤが指定された場合には、図 18 のフローチャートに従って、第一鍛造粗材、第二鍛造粗材、第三鍛造粗材、第四鍛造粗材、第五鍛造粗材あるいは第六鍛造粗材のいずれかが適正鍛造粗材として選択される。

【0018】以下、上記鍛造粗材設計装置の作動を、図 19 のフローチャートで表されるメインプログラムに基づいて説明するが、今回は、鍛造品群データ中のリバースギヤが鍛造品として指定され、リバースギヤの鍛造に好適な鍛造粗材が設計されると仮定して説明する。まず、電源が投入されれば、CRT 30 にメニューが表示される。オペレータがマウス 26 によりメインプログラムを選択した後、キーボード 24 の実行キーを操作すれば、メインプログラムが実行される。

【0019】ステップ S10 (以下、単に S10 で表す。他のステップについても同じ) において、データベース 34 から鍛造品群が読み出され、CRT 30 に図 2 ないし図 5 に例示するような鍛造品群の図が表示される。オペレータがマウス 24 を操作してリバースギヤを指定すれば鍛造品指定データが RAM 14 の鍛造品指定データメモリ 204 に記憶されるとともに、図 15

(a) に示すリバースギヤの図がデータベース 34 から読み出され、CRT 30 に表示される。

(6)

9

【0020】次に、S11において鍛造すべきリバースギヤの寸法データの入力が行われる。図15(a)のリバースギヤの図には、外径D、第一円環溝66の大径 $u_d$ 、凹部56の内径 $p_d$ 、凹部56の深さ $p_h$ 、第一端面52から第二端面54までの高さ $h$ 、第一端面52からボス部62の端面までの高さ $H$ 、ボス部62の外径 $b_d$ および凹部56の底面からボス部62の端面までの厚さ $t$ をそれぞれ示す記号(変数)と寸法線とが記載されている。これは、煩雑さを避けるために、後述の適正鍛造粗材選択プログラムの実行に使用される寸法のみを記載したものであり、実際には、後述の鍛造品の容積算出プログラムの実行に必要なすべての部分の寸法線と記号とが表示され、オペレータがマウス26により各記号を指定しつつキーボード24から数値(寸法値)を入力し、キーボード24の実行キーを操作すれば、リバースギヤの各部の寸法値のデータがRAM14の鍛造品寸法データメモリ206に記憶される。

【0021】なお、以上においては理解を容易にするために、鍛造すべき鍛造品の指定および寸法の入力がオペレータにより行われる場合について説明したが、本鍛造粗材設計装置は、CADシステム36からの要求に応じても鍛造粗材の設計を行い得るように構成されており、この態様で使用される場合には、CADシステム36から鍛造品指定データと、鍛造すべき鍛造品の各部の寸法を表すデータとが主制御装置20に供給される。

【0022】いずれにしても、鍛造品指定データと鍛造品寸法データとを含む鍛造品データの入力が終了すれば、S12において、ROM12に記憶されている適正鍛造粗材選択プログラムのうち、リバースギヤに対応する図15(b)の適正鍛造粗材選択プログラムが選択されるとともに、データベース34に記憶されている、適正鍛造粗材選択プログラムの実行に必要なリバースギヤの基準比率が読み出されてRAM14の数値データメモリ212に記憶される。図16においては理解を容易にするために、基準比率が具体的な数値で記載されているが、実際の適正鍛造粗材選択プログラムにおいてはこれら基準比率も記号とされており、これら記号にデータベース34から読み出された具体的な数値が代入されて実行されるのである。

【0023】まず、S50において、第一円環溝66が設定状態以上外周側に形成されているという第一条件を満たしているか否かの判定が行われる。判定結果がYESであれば、第一条件が満たされた場合に適正鍛造粗材として第二鍛造粗材を選択するという第一規則に従って第二鍛造粗材が選択される。一方、判定結果がNOであれば、S51において、ボス62以外の部分のうち、凹部56を囲む部分の容積の、ボス部62の凹部56の底面より先端側の部分の容積に対する比率が設定容積比以上であるという第二条件を満たしているか否かの判定が行われる。判定結果がYESであれば、第一条件が満た

10

されず、第二条件が満たされた場合に適正鍛造粗材として第三鍛造粗材を選択するという第二規則に従って第三鍛造粗材が選択される。

【0024】また、S51の判定結果もNOである場合には、S52において、鍛造品の高さ $H$ の外径 $D$ に対する比率が設定高さ比以上であるという第三条件を満たしているか否かの判定が行われる。判定結果がYESであれば、S53において、凹部56の深さ $p_h$ の鍛造品の高さ $H$ に対する比率が設定深さ比以上であるという第四条件を満たしているか否かの判定が行われる。S53の判定結果もYESであれば、第一、第二条件が満たされず、第三、第四条件が満たされた場合に適正鍛造粗材として第六鍛造粗材を選択するという第三規則に従って第六鍛造粗材が選択される。一方、S53の判定結果がNOである場合には、第一、第二および第四条件が満たされず、第三条件が満たされた場合に適正鍛造粗材として第四鍛造粗材を選択するという第四規則に従って第四鍛造粗材が選択される。

【0025】さらに、前記S52の判定結果がNOである場合には、S54において、ボス部62の外径 $b_d$ の鍛造品全体の外径 $D$ に対する比率が設定外径比以上であるという第五条件を満たしているか否かの判定が行われる。S54の判定結果がYESであれば、第一、第二および第三条件がいずれも満たされず、第五条件が満たされた場合に適正鍛造粗材として第三鍛造粗材を選択するという第五規則に従って第三鍛造粗材が選択される。それに対して、S54の判定結果もNOである場合には、第一、第二、第三および第五条件がいずれも満たされない場合に適正鍛造粗材として第六鍛造粗材を選択するという第六規則に従って第六鍛造粗材が選択される。ここにおいては、第六鍛造粗材が適正鍛造粗材として選択されたと仮定する。RAM14の適正鍛造粗材データメモリ216に第六鍛造粗材が適正鍛造粗材データとして記憶される。

【0026】次に、メインプログラムのS13において、第六鍛造粗材からのリバースギヤの鍛造をシミュレーションするための複数の寸法データ群の作成が行われる。まず、前記S11においてRAM14の鍛造品寸法データメモリ206に記憶されたリバースギヤの各部の寸法値のデータが、ROM12に格納されている鍛造品寸法比率算出プログラムに従って処理される。例えば、リバースギヤ全体の外径 $D$ を100%とした場合の他の部分の寸法の百分率が演算され、RAM14の鍛造品寸法比率データメモリ220に記憶されるのである。

【0027】次に、ROM12に格納されている鍛造粗材寸法比率決定プログラムが実行される。鍛造品としてのリバースギヤの各部の寸法比率と第六鍛造粗材の各部の最適と推定される寸法比率との関係(例えば比)が過去のデータに基づいて予め決定されてデータベース34に格納されており、この関係を表すデータがデータベー



(7)

11

ス34からRAM14に読み込まれ、この関係と、先に演算されてRAM14の鍛造品寸法比率データメモリ220に記憶されたリバースギヤの各部の寸法比率とから、最適と推定される第六鍛造粗材の各部の寸法比率が決定される。最適と推定される第六鍛造粗材の各部の寸法比率が決定されたならば、その各部の寸法比率の群を中心として、各部の寸法をそれぞれ予め定められた値だけ増減させた寸法比率が演算され、それらの組合わせとして複数の寸法比率群のデータが作成され、最適と推定される第六鍛造粗材の各部の寸法比率と共に、RAM14の鍛造粗材寸法比率データメモリ228に記憶されて、鍛造粗材寸法比率決定プログラムの実行が終了する。

【0028】続いて、ROM12に記憶されている容積算出プログラムが実行され、前記S11の実行により鍛造品寸法データメモリ206に記憶された鍛造品としてのリバースギヤの各部の寸法からリバースギヤの容積が算出される。そして、この算出された容積値に基づいて、先に鍛造粗材寸法比率データメモリ228に記憶されている複数の寸法比率群が実際の鍛造粗材寸法に換算され、それらのデータが鍛造粗材寸法データ群メモリ234に記憶されて、図19におけるS13の鍛造粗材寸法データ群作成ステップの実行が終了する。

【0029】このようにして複数種類の寸法の第六鍛造粗材が鍛造粗材候補として決定されたならば、S14においてこれらの各々からのリバースギヤの鍛造が順次シミュレーションされる。すなわち、ROM12に記憶されているシミュレーションプログラムが実行され、有限要素法により、各寸法の第六鍛造粗材からリバースギヤが鍛造される場合の粗材の変形過程が推定され、そのシミュレーション結果がシミュレーション結果メモリ236に記憶されるのである。

【0030】すべての鍛造粗材候補について、すなわち複数種類の寸法の第六鍛造粗材のすべてについてのシミュレーションが終了すれば、ROM12に記憶されている評価プログラムに従ってS15の評価ステップが実行される。評価プログラムは予め定められた評価基準がプログラム化されたものであり、この評価基準は、①シミュレーションにより得られる鍛造品が鍛造型のキャビティに充填する度合いを表す充填度が設定充填度以上であるという第一基準、②その第一基準を満たすのに必要な最小鍛造荷重が設定荷重以下であるという第二基準、③シミュレーションにより得られる鍛造品と鍛造型のキャビティ面との間の最大面圧が設定面圧を超えることなく第一基準が満たされるという第三基準および④シミュレーションにより得られる鍛造品が鍛造型のキャビティの予め定められた複数のすみに充填する順序が設定順序であるという第四基準から成っている。これら基準に基づく評価に必要な上記設定充填度、設定荷重、設定面圧、設定順序等のデータは予めデータベース34に格納され

12

ており、これらがRAM14の評価基準データメモリ238に読み込まれた上で評価プログラムが実行される。複数の鍛造粗材候補毎の評価結果はすべてRAM14の評価結果メモリ240に記憶される。

【0031】評価プログラムの実行終了後に、S16において、ROM12に記憶されている適正鍛造粗材寸法データ群選択プログラムが実行され、RAM14の評価結果メモリ240に記憶された鍛造粗材寸法データ群の中から、4つの評価基準のうち少なくとも第一基準と、第二ないし第四基準の少なくとも1つとをクリアした鍛造粗材が適正鍛造粗材として選択される。適正鍛造粗材が1つでもあれば、S16の判定結果がYESとなり、その適正鍛造粗材のデータ、すなわち適正鍛造粗材寸法データ群が、S17においてRAM14の適正鍛造粗材寸法データ群メモリ244に記憶される。

【0032】次にS18において、S17でRAM14の適正鍛造粗材寸法データ群メモリ244に記憶された適正鍛造粗材寸法データ群のうち、評価結果が一番高いものが選択され、S19においてCRT30に画面表示される。適正鍛造粗材寸法データ群が1群のみである場合には必然的にその適正鍛造粗材寸法データ群が最適鍛造粗材寸法データ群とされるが、複数ある場合には、第一～第四基準を満たす数の最も多いものが、また満たす数が同じである適正鍛造粗材寸法データ群が複数群ある場合には第一～第四基準に予め付されている割当て点数の合計の多いものが、それぞれ最適鍛造粗材寸法データ群として選択される。

【0033】その後、S20において、ROM12に記憶されているデータ変換プログラムが実行される。このデータ変換プログラムの実行によって最適鍛造粗材寸法データ群がCADシステム用データに変換され、CADシステム36へ供給される。CADシステム36へのデータの供給が終了すれば、一連のメインプログラムの実行が終了する。

【0034】一方、S16において、RAM14の評価結果メモリ240に記憶された鍛造粗材寸法データ群の中に、4つの評価基準のうち少なくとも第一基準と、第二ないし第四基準の少なくとも1つとを満たすものが1つもなければ、S16の判定結果がNOとなる。この場合には、S21においてRAM14のカウント250のカウント値が1増加させられるとともに、S22においてカウント値nが基準カウント値N（リバースギヤに対しては鍛造粗材候補が第一から第六まで6種類あるため6）と等しいか否かが判定される。判定結果がNOであれば、S23において、ROM12に記憶されている適正鍛造粗材変更プログラムが実行され、適正鍛造粗材が、第一～第六鍛造粗材の中で未だシミュレーションおよび評価が行われていないものの1つに変更される。この変更は、最初に適正鍛造粗材として選択された鍛造粗材に近いものから順に行われるように予め定められてい

(8)

13

る順序で行われるようにしてもよく、あるいは前記評価の第一～第四基準のうち満たされない基準の種類と満たされない程度との少なくとも一方に基づいて決定される順序で行われるようにしてもよく、上記適正鍛造粗材変更プログラムはこの変更順序の決定規則を含むものである。適正鍛造粗材が第二候補に変更された後は、その第二候補の適正鍛造粗材についてS13以降が前述の場合と同様に行われる。

【0035】第二候補の適正鍛造粗材によっても評価基準を満たす適正鍛造粗材寸法データ群が得られない場合には、再びS16の判定結果がNOとなり、S21においてさらにカウント値nのインクリメントが行われた後、S23において再び鍛造粗材変更プログラムが実行され、第三候補の鍛造粗材が適正鍛造粗材として選択され、再びメインプログラムのS13以降が実行される。この繰返しの実行中に、S22においてカウンタ250のカウント値nが基準値N（ここでは6）になれば、すなわち、すべての鍛造粗材候補についてシミュレーションおよび評価を行っても適正鍛造粗材寸法データ群が得られなかった場合には、S22の判定結果がYESとなり、S24においてCRT30にエラー表示がされてオペレータに適正鍛造粗材寸法データ群が得られなかったことが知らされ、メインプログラムの実行が終了する。

【0036】以上の説明から明らかなように、本実施例においては、ハブが第一鍛造品、スプラインが第二鍛造品、リバースギヤが第三鍛造品、ギヤが第四鍛造品に相当し、データベース34が鍛造品群データと鍛造粗材群データとを記憶する群データ記憶手段を構成している。また、キーボード24およびマウス26、あるいはCADシステム36が鍛造品データ入力手段を構成し、ROM12の適正鍛造粗材選択プログラムを記憶する部分が鍛造粗材選択規則記憶手段を構成し、主制御装置20のメインプログラムのS12を実行する部分が適正鍛造粗材選択手段を構成している。さらに、主制御装置20のメインプログラムのS13を実行する部分が鍛造粗材寸法データ群作成手段を構成し、同じくS14を実行する部分がシミュレーション手段を構成し、S15を実行する部分が評価手段を構成し、S16～S18を実行する部分が適正鍛造粗材寸法データ群選択手段を構成し、S20を実行する部分が適正鍛造粗材寸法データ群供給手段を構成している。

【0037】なお、本実施例において、メインプログラムを繰り返し行ううちに、データベース34に記憶された設定値、基準値等の中に不適当なものがあることが判明した場合には、データベース34の不適当な設定値、基準値等の設計基準データを妥当な値に変更する学習機能を主制御装置20に与えることができる。例えば、メインプログラムの実行時にS15の評価ステップにおいて得られた評価結果、S18の最適鍛造粗材寸法データ群選択ステップにおける選択結果、S23の適正鍛造粗

14

材変更ステップにおける適正鍛造粗材変更経過等をデータベース34に格納しておく鍛造粗材設計経過データ収集プログラムや、収集されたデータをキーボード24、マウス26等のデータ入力手段からの指令データに応じて、表示装置としてのCRT30や記録装置としてのプリンタ等の出力装置に出力させる鍛造粗材設計経過データ出力プログラムをROM12に記憶させておくのである。この場合には、出力された鍛造粗材設計経過データに基づいてオペレータが不適当な設計基準を発見し、妥当な設計基準に変更することになる。

【0038】このオペレータによる不適当な設計基準の発見および妥当な設計基準への変更が繰り返されるうちに、これら発見および変更の規則が明確になれば、この規則をプログラム化し、主制御装置20にこの設計基準変更プログラムを実行させることが可能になる。この場合には、主制御装置20の設計基準変更プログラムを実行する部分が設計基準変更手段を構成することとなる。

【0039】また、本実施例においては、S13において作成された鍛造粗材寸法データ群のすべて、すなわち複数種類に寸法が異なる鍛造粗材候補のすべてについてシミュレーションが行われた後に、シミュレーション結果の評価が行われて最適鍛造粗材寸法データ群、すなわち最適鍛造粗材が選択されるようになっているため、事実上最適に近い鍛造粗材設計が行われ、また、鍛造粗材設計の改善に有用なデータが多く得られる利点がある。しかし、1つの鍛造粗材候補についてシミュレーションが行われる毎に、シミュレーション結果の評価が行われ、シミュレーション結果が評価基準を超えたときには直ちにその鍛造粗材候補が適正鍛造粗材と決定され、シミュレーションおよび評価の実行が終了させられるようにすることも可能である。

【0040】この場合には、S13の実行時に最適と推定された寸法比率の鍛造粗材についてのシミュレーションが最初に行われるようにすれば、多くの場合1回のシミュレーションの実行により適正鍛造粗材が得られることとなり、鍛造粗材設計の能率向上を図ることができる。なお、最適と推定された寸法比率の鍛造粗材についてのシミュレーションの結果が評価基準を超えない場合には、最適と推定された寸法比率の鍛造粗材に近いものから予め定められている順序で順次シミュレーションが行われるようにしてもよく、あるいは前述の第一～第四基準等、複数の評価基準のうち満たされない基準の種類と満たされない程度との少なくとも一方に基づいて決定される順序で行われるようにしてもよい。

【0041】また、本実施例においては、シミュレーション結果の評価に使用される設定充満度、設定荷重、設定面圧、設定順序等がそれぞれ1つずつ設定されていたが、少なくともこれらの1つを複数段階に設定しておき、オペレータにより、あるいは自動的に設定が変更され得るようにすることも可能である。例えば、設計時間



(9)

15

の短縮が要求される場合には緩い評価基準を使用し、鍛造粗材の適正度が高く要求される場合には厳しい評価基準を使用するのであり、あるいは、設計開始当初は厳しい評価基準を使用し、その厳しい評価基準では適正鍛造粗材が得られない場合には評価基準を緩いものに変更するのである。特に、後者の態様を上記1つの鍛造粗材候補についてシミュレーションが行われる毎に評価が行われる態様と組み合わせて採用すれば、シミュレーションの実行回数をできる限り少なくしつつ適正度の高い鍛造粗材の設計を行うことが可能となる。

【0042】さらに、本実施例においては、鍛造粗材候補からの鍛造の試行がシミュレーションにより行われるようになっているため、短時間で安価に試行が行われ、かつ、鍛造品が鍛造型のキャビティの予め定められた複数のすみに充填する順序等の鍛造経過データが容易に得られる利点があるが、実際に鍛造が試行されるようにすることも可能である。その他、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した態様で、本発明を実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である鍛造粗材設計装置を示すブロック図である。

【図2】上記装置のデータベースに記憶されている鍛造品の一例を示す図である。

【図3】上記鍛造品の別の例を示す図である。

【図4】上記鍛造品のさらに別の例を示す図である。

【図5】上記鍛造品のさらに別の例を示す図である。

【図6】前記鍛造粗材設計装置のデータベースに記憶されている鍛造粗材の一例を示す図である。

【図7】上記鍛造粗材の別の例を示す図である。

【図8】上記鍛造粗材のさらに別の例を示す図である。

【図9】上記鍛造粗材のさらに別の例を示す図である。

【図10】上記鍛造粗材のさらに別の例を示す図である。

【図11】上記鍛造粗材のさらに別の例を示す図である。

16

【図12】前記鍛造粗材設計装置のデータベースに記憶されている、鍛造品の寸法データ作成時にCRTに表示される図の一例を示す図である。

【図13】上記CRTで表示される図の別の例を示す図である。

【図14】上記CRTで表示される図のさらに別の例を示す図である。

【図15】鍛造品の一例についての適正鍛造粗材の選択を説明するための図であり、(a)は前記CRTで表示される図のさらに別の例を示し、(b)は(a)に示す鍛造品用の適正鍛造粗材の選択のために前記鍛造粗材設計装置のROMに記憶されている適正鍛造粗材選択プログラムの一例を表すフローチャートである。

【図16】図15(b)とは別の適正鍛造粗材選択プログラムを表すフローチャートである。

【図17】図15(b)および図16とは別の適正鍛造粗材選択プログラムを表すフローチャートである。

【図18】図15(b)ないし図17とは別の適正鍛造粗材選択プログラムを表すフローチャートである。

【図19】上記装置のROMに記憶されているメインプログラムを示すフローチャートである。

【図20】上記装置のROMの構成を概念的に示すブロック図である。

【図21】上記装置のRAMの構成を概念的に示すブロック図である。

【符号の説明】

10 CPU

12 ROM

14 RAM

20 主制御装置

24 キーボード

26 マウス

30 CRT

34 データベース

36 CADシステム

【図2】

【図3】

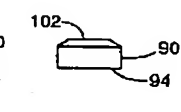
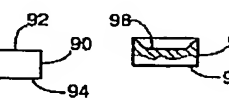
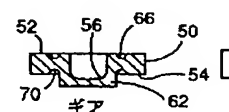
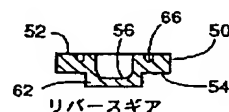
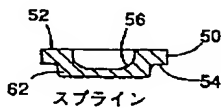
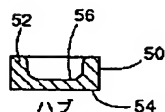
【図4】

【図5】

【図6】

【図7】

【図8】



【図9】

【図10】

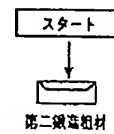
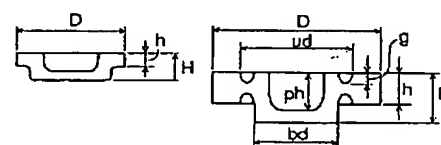
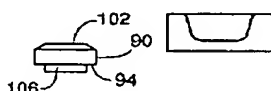
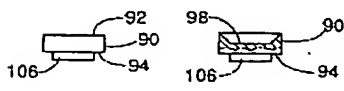
【図11】

【図12】

【図13】

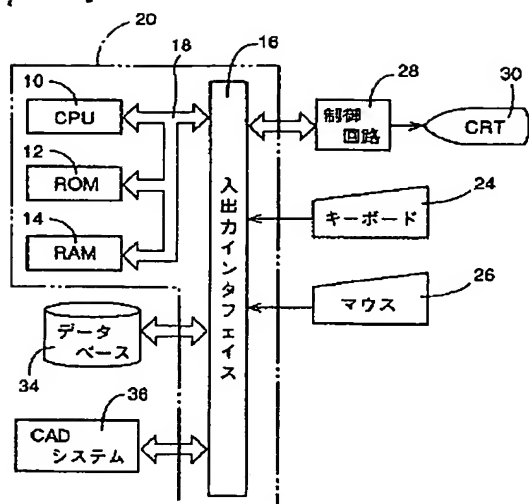
【図14】

【図16】

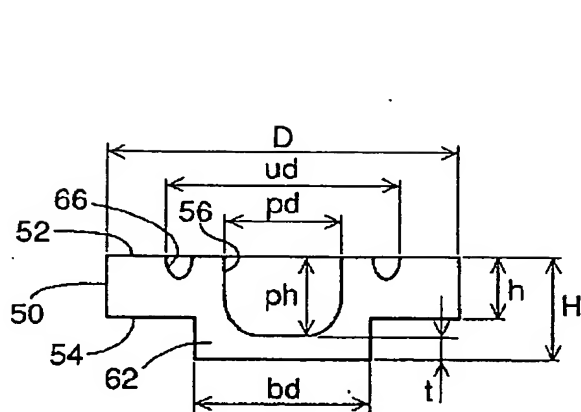


(10)

【図1】

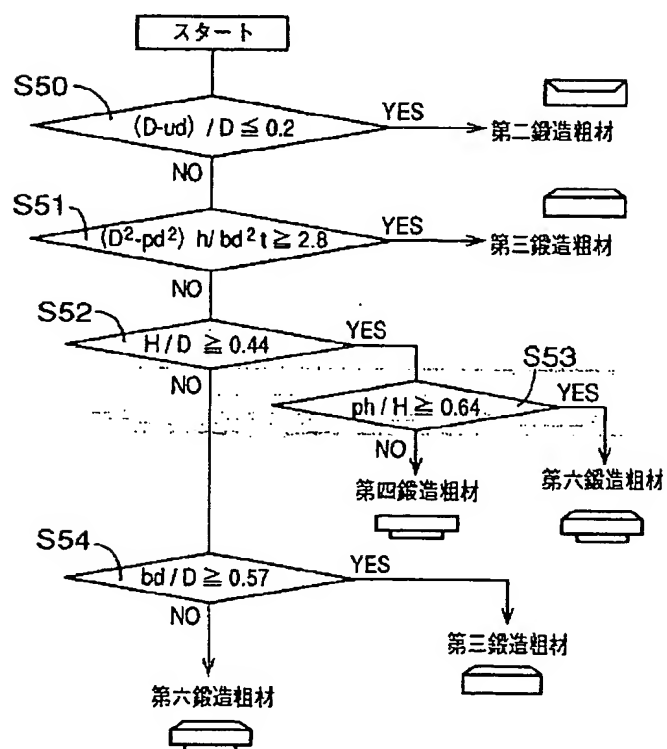
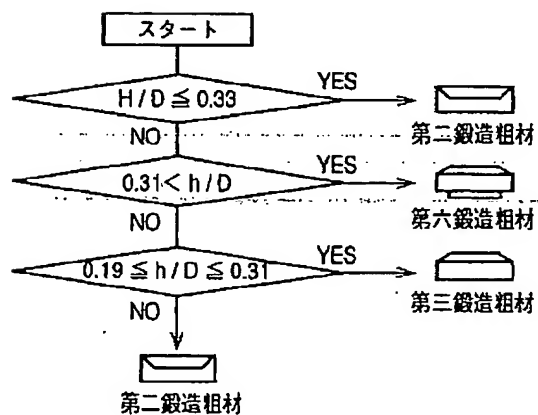


【図15】



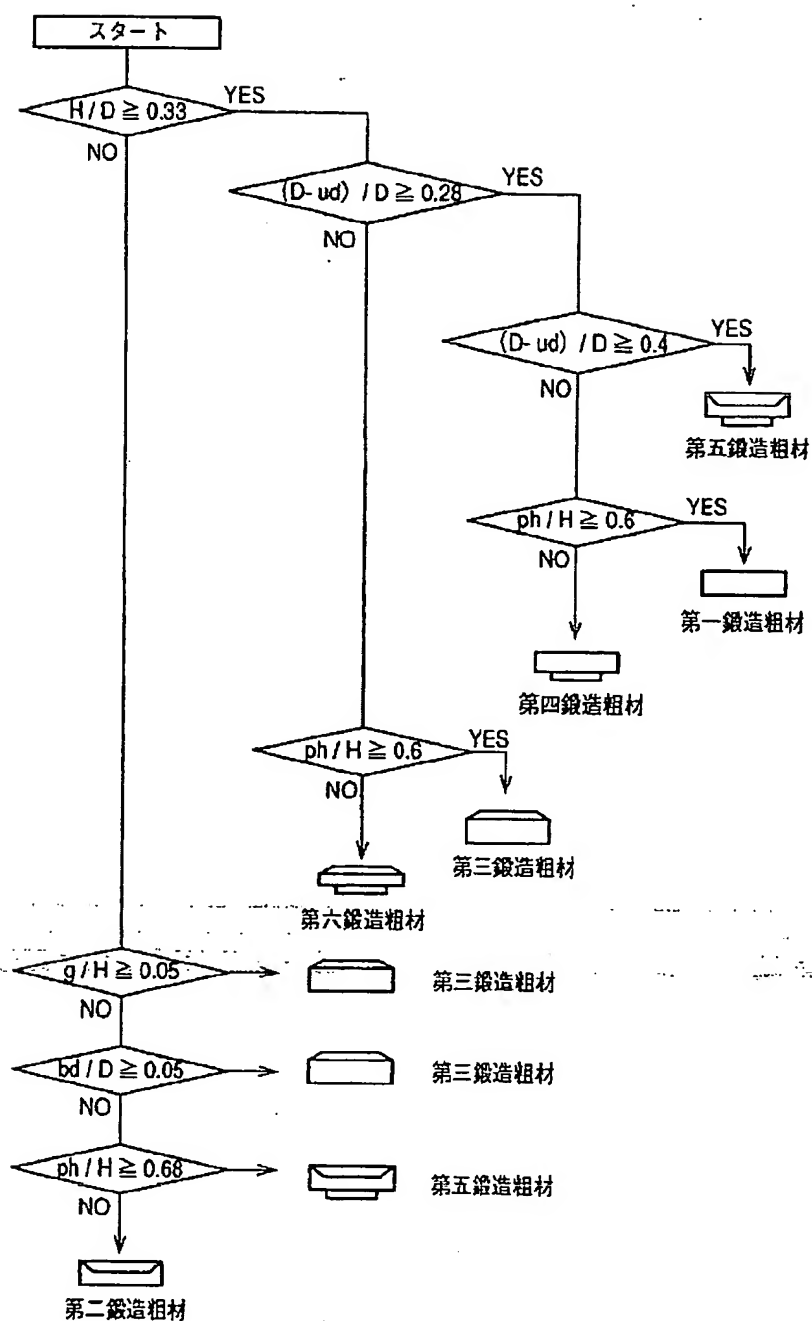
(b)

【図17】



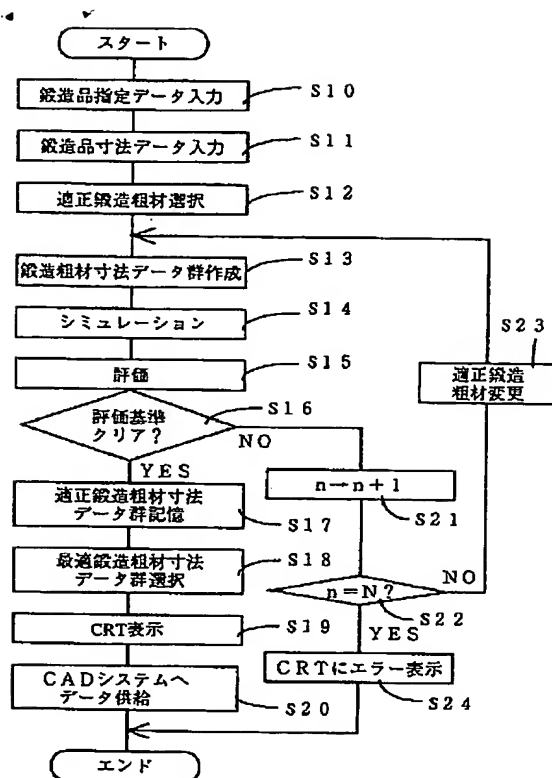
(11)

【図18】

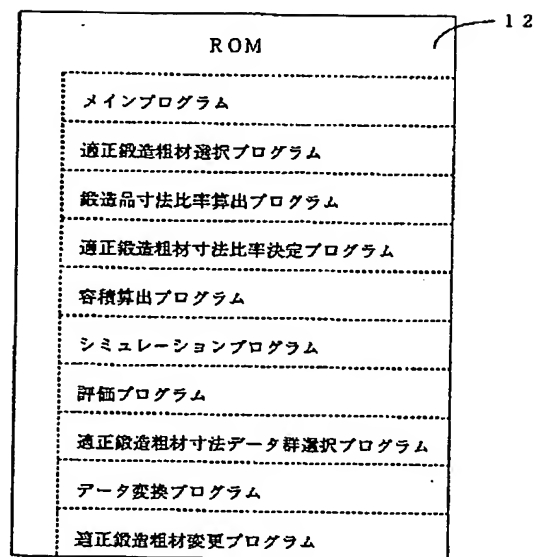


(12)

【図19】



【図20】



【図21】

